

LUFTKEIMKONZENTRATION
IM CHIRURGISCHEN ARBEITSBEREICH -
MESSUNGEN
MIT EINEM NEUEN LUFTKEIMSAMMELGERÄT

MICHAEL STRUPPLER
—

1982
—

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 2014774

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. G. Heberer)

**LUFTKEIMKONZENTRATION IM CHIRURGISCHEN ARBEITSBEREICH -
MESSUNGEN MIT EINEM NEUEN LUFTKEIMSAMMELGERÄT.**

Inaugural-Dissertation

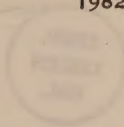
**zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

**vorgelegt von
Michael Struppler**

aus

München

1982



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. G. Feifel
Mitberichterstatter:	Professor Dr. G. Heberer
Dekan:	Professor Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 23.3.1982	



INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Fragestellung
2. Messmethoden der Luftkeimkonzentration
3. Methodik
 - 3.1. Slit-Sampler
 - 3.2. Reuter-Centrifugal-Sampler (RCS)
 - 3.3. Messprotokoll
 - 3.4. Versuchsplanung
4. Ergebnisse
 - 4.1. Methodische Prüfung des RCS auf seine Eignung durch vergleichende Synchronmessung mit Slit-Sampler
 - 4.2. Messungen mit dem RCS
 - 4.2.1. Luftkeimkonzentration in den Räumen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse, ausschliesslich Operationsbereich
 - 4.2.2. Luftkeimkonzentration im Operationsbereich der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse
 - 4.2.3. Luftkeimkonzentration in mit Belüftungsanlagen ausgestatteten Operationssälen
 - 4.2.4. Luftkeimkonzentration in Abhängigkeit von der Zahl der anwesenden Personen
 - 4.2.5. Versuche zur Senkung der Luftkeimkonzentration mittels indirekter UVC-Bestrahlung und durch Einhaltung von Verhaltensregeln
5. Besprechung und Schlussfolgerungen
6. Zusammenfassung
7. Literaturverzeichnis

LUFTKEIMKONZENTRATION IM CHIRURGISCHEN ARBEITSBEREICH -
MESSUNGEN MIT EINEM NEUEN LUFTKEIMSAMMELGERÄT.

"In der pedantischen Genauigkeit der Ausführung liegt das Geheimnis des grossen Erfolges" (J.N. von Nussbaum 1875 bezüglich der Listerschen Antisepsis) (69).

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Seit Pasteurs Entdeckung der Mikroben als Ursache von Gärung und Fäulnis wird das Vorhandensein von Luftkeimen nicht mehr in Frage gestellt (71). Pasteur hat auch als erster quantitative Luftkeimgehaltsbestimmungen durchgeführt. - Aufgrund der Erfolge der Listerschen Antisepsis im 19. Jahrhundert war das Interesse der Chirurgen an Luftkeimen gering, obgleich Lister schon damals von der Möglichkeit aerogener Infektionen während der Operation überzeugt war (57). Neuen Auftrieb erhielt die Diskussion über die Luftkeime durch die Entwicklung neuer Geräte zur Luftkeimzahlbestimmung durch Wells 1933 und Bourdillon e.a. 1941 (103, 22). In neuerer Zeit wurde die Diskussion erneut entfacht durch die Neufassung der Deutschen Industrienorm Nr. 1946 über Lüftungstechnische Anlagen und Lüftung in Krankenanstalten sowie die Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen (7, 44).

Untersucht man heutzutage die Luftreinheit in einem Krankenhaus, so ist der Staubgehalt und die Konzentration der mit Mikroorganismen beladenen Staubteilchen sowie der frei schwebenden Mikroorganismen von Interesse. Als Ursprung der Luftkeime kommen die Aussenluft in Betracht, aber in erster Linie Einschleppung, Absonderung und Ausstreuung durch den Menschen (87). Normalerweise handelt

es sich bei den Luftkeimen zum Grossteil um harmlose, sog. apathogene Keime, die aber bei entsprechend hoher Konzentration auch zu Gesundheitsstörungen führen können (46). Daneben findet man noch die pathogenen, als Infektionserreger gefürchteten Streptokokken, Pseudomonasstämme und Staphylokokken, die schon in minimaler Zahl eine Wundinfektion verursachen können (27, 36). Diese Bakterien führen als primäre Luftkeime, also auf dem Luftweg in den Raum gelangte, oder als sekundäre Luftkeime, die auf dem Kontaktweg in den Raum eingeschleppt und erst durch Bewegungsvorgänge freigesetzt werden, zur Luftkontamination (51). Sedimentieren oder prallen diese Partikel der kontaminierten Luft auf Oberflächen, z.B. Skalpell oder Handschuhe des Operators, so führt dies zur Verunreinigung durch indirekte Kontamination. Der kontaminierte Gegenstand kann durch die direkte Kontamination z.B. die Wunde infizieren (51,5).

Die wichtigsten Wege der Kontaktübertragung sind heute bekannt und zumindest theoretisch unterbrechbar (53, 64). Aber noch immer herrscht Ungewissheit darüber, wie oft eine Wunde im Operationssaal infiziert wird, in welcher Häufigkeit im weiteren Heilungsverlauf und welchen Anteil die aerogene Keimverbreitung an der Infektionsrate hat. Nach Adams ereignen sich 90 % der Infektionen bereits im Operationssaal und Kanz schätzt den Anteil der durch Luftkeime verursachten Infektionen auf maximal 10 % (1, 52). Doch ist die von Kanz angegebene Zahl, wie auch die Bedeutung der Luftkeime für eine Wundinfektion heftig umstritten (10, 23, 25, 27, 33, 55, 56, 61, 73, 87, 98, 105). Einige Autoren glauben, dass die quantitative Luftkeimbestimmung eine Aussage bezüglich der allgemeinen Hygiene zulässt, andere stellen sogar eine Beziehung auf zwischen Luftkeimkonzentration und Infektionshäufigkeit (14, 21, 26, 32, 37, 41, 55, 59, 85, 86, 102). Es ist nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit, diese Probleme zu lösen, aber sie will Voraussetzungen für deren Lösung schaffen, indem sie die Luftkeimkonzentration mit der im Operationssaal herrschenden Disziplin, mit der anwesenden Personenzahl und mit der

Wirkung von UV-Strahlung korreliert. Darüber hinaus wird die Luftkeimkonzentration unter den verschiedenen Bedingungen von Alt- und Neubauoperationssaal und den darin installierten Lüftungstechnischen Anlagen untersucht und die Ergebnisse in Bezug gesetzt zu den Richtlinien VDI 2083 und der Neufassung der deutschen Industrienorm (DIN) 1946 sowie den in den angelsächsischen Ländern ermittelten Standards (5, 7, 21, 37).

Mit der vorliegenden Arbeit haben wir uns, nachdem die Luftkeimmessungen mit dem Reuter-Centrifugal-Sampler, einem neu entwickelten Gerät der Firma LKS Preis, Marburg durchgeführt werden sollten, die Lösung von vier Aufgaben zum Ziel gesetzt:

1. Eignungsprüfung des RCS
2. Bestimmung der Luftkeimkonzentration in den verschiedenen chirurgischen Arbeitsbereichen
3. Untersuchungen über die Luftkeimzahl erhöhende Faktoren
4. Untersuchungen über die Anwendung praktikabler Massnahmen zur Senkung der Luftkeimkonzentration.

2. MESSMETHODEN DER LUFTKEIMKONZENTRATION

Die gebräuchlichsten Verfahren hierzu sind im folgenden kurz aufgezeigt:

2.1.1. Sedimentation

Man lässt die in der Luft enthaltenen Partikel auf eine Nährbodenplatte sedimentieren. Die so ermittelten Werte sind abhängig von der Expositionsdauer und der Fläche des Nährbodens; sie lassen keine Umrechnung in eine Luftkeimkonzentration zu.

2.1.2. Filtration

Hierbei wird die Luft durch Gelatine- oder Membranfilter gesaugt, die anschliessend in einer Nährlösung aufgelöst oder direkt auf einen festen Nährboden gelegt werden.

2.1.3. Aufprallverfahren

Bei diesem Verfahren wird die Luft angesogen, stark beschleunigt und dann entweder direkt auf einen festen Nährboden geblasen, bzw. die Partikel mittels Zentrifugalkraft auf ihn geschleudert ("Impaktion") oder auf die Oberfläche einer Flüssigkeit geblasen, von der nach der Probenahme Kulturen angelegt werden ("Impingement"). Bei den beiden letztgenannten Verfahren benötigt man noch die Angabe des angesaugten Luftvolumens, um die Luftkeimkonzentration errechnen zu können.

Im nächsten Schritt werden die Keime kultiviert. Nährmedium, Bebrütungsdauer und Temperatur richten sich nach der Art der nachzuweisenden Keime (48, 86, 94).

Es stehen vor allem folgende Geräte zur Verfügung:

2.2.1. Der Gelatinefilter

ist ein Gerät, das auf der Methode der Filtration beruht. Es saugt die Luft mit einer maximalen Geschwindigkeit von 0,5 m/sec durch den in eine Halterung eingespannten Filter an. Der Sog wird durch

eine Pumpe erzeugt, die mit einer Gasuhr gekoppelt ist.

2.2.2. Der Andersen-Sampler (3)

Er enthält 6 übereinander liegende Siebplatten mit je 400 Löchern, deren Durchmesser von der obersten Platte mit 1,18 mm bis hin zur untersten mit 0,25 mm abnimmt. Durch diese Anordnung steigt die Geschwindigkeit von 1,08 m/sec an der obersten Siebplatte bis auf 23,29 m/sec an der untersten, mit der die 28 l Luft/min auf den jeweils auf der Unterseite befindlichen Nährboden geblasen werden. Auf diese Weise ermöglicht der Andersen-Sampler nicht nur eine Aussage über die Luftkeimkonzentration, sondern er teilt auch die Partikel nach ihrer Grösse in 6 Fraktionen, die getrennt auswertbar sind.

Auf den Slit-Sampler wird im Rahmen der Methodik ausführlich eingegangen, da er für Referenzmessungen verwendet wurde.

Eine umfassende Übersicht der wichtigsten Methoden zur Luftkeimzahlbestimmung findet sich im Public Health Monograph Nr.60 (75). Eingehende Untersuchungen zu dem Problem der Probennahmen mit verschiedenen Messmethoden führten u.a. durch: Andersen, Cox, Hilliger, Hurtienne, May, Noble, Retter und Koller, Russenberger, sowie Wanner und Deuber (4, 45, 48, 60, 67, 81, 82, 100).

3. METHODIK

3.1. Der Slit-Sampler (Firma C.F. Casella Ltd. London, Great Britain) saugt je nach Schlitzgröße bzw. Anzahl der Schlitze 30 oder 700 l/min mit einer Geschwindigkeit von ca 40 m/sec auf den Kreissektor eines 2 mm unter der Öffnung befindlichen Nährbodens, der sich, je nach Dauer der Probenahme, mit einer Frequenz von 1, 0,5 oder 0,2/min dreht. Durch diese Anordnung ermöglicht er auch Aussagen über die Änderung der Keimkonzentration während der Zeit der Probenahme (s. Abb. 1).

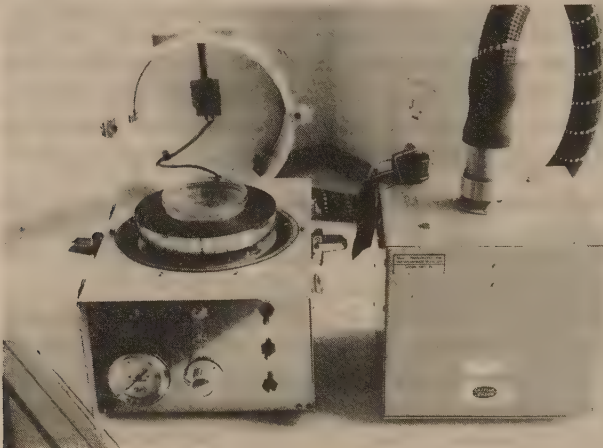


Abb. 1 Casella-Slit-Sampler

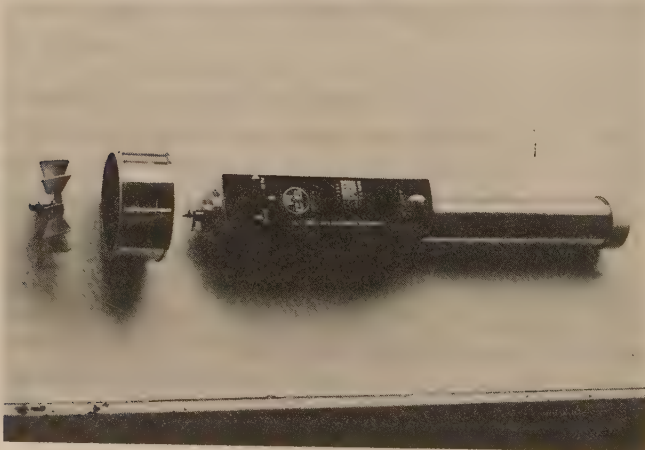


Abb. 2 Bestandteile des RCS

3.2. Der Reuter-Centrifugal-Sampler (RCS) der Firma LKS

D. Preis KG Marburg, BRD

Die in dieser Arbeit vorgelegten Luftkeimkonzentrationswerte beruhen, wie schon in der Einleitung erwähnt, auf Messungen mit diesem Gerät. Sein Aufbau, seine Funktionsweise und Handhabung werden daher in der angebrachten Ausführlichkeit beschrieben.

3.2.1. Bestandteile des Gerätes (s. Abb. 2)

Es setzt sich zusammen aus

- 1) einem abschraubbaren Gerätekopf, durch dessen seitlichen Schlitz die mit Standard-nutrientagar beschichteten Folien (s. unten) eingeschoben werden;
- 2) einem coaxial gelagerten Lüfterflügel mit 10 Einzelflügeln, der über einen Haftmagneten mit der Antriebswelle des Elektromotors verbunden ist und somit leicht von Hand abnehmbar ist;
- 3) einem Gerätekörper, der den Elektromotor mit Ein- und Ausschalter und das Kontrolllämpchen enthält, das auch über den Ladungszustand der ebenfalls im Gerätekörper untergebrachten Batterien Auskunft gibt. Weiter befindet sich in ihm die impulsgesteuerte Zeitschaltung und die Zeitvorwahl für 15, 30, 60 und 120 sec Laufzeit (ab 1977 produzierte Geräte besitzen eine Zeitvorwahl für 30, 60, 120, 240 und 480 sec), sowie Netzanschluss, Fernbedienungsanschluss und Startknopf.

3.2.2. Arbeitsweise

Die zu untersuchende Luft wird aus einem kugelförmigen Luftraum von bis zu 40 cm Durchmesser durch die 5,9 cm im Durchmesser messende, kreisrunde Öffnung im Gerätekopf mittels des konstant mit der Drehzahl $n = 4092$ Umdrehungen/min dre-

henden Lüfterflügels angesaugt und bis auf dessen Rotationsgeschwindigkeit beschleunigt. Die Partikel werden dann mit einer Geschwindigkeit $v = 11,8 \text{ m/sec}$ und einem Staudruck $q = 8,7 \text{ kp/m}^2$ auf die Agarfolie geschleudert (62). Durch die impulsgesteuert festgelegte Drehzahl $n = 4092 \text{ U/min}$ (eine Umdrehung entspricht 16 Impulsen) ergibt sich ein konstantes Ansaugvolumen von $40,47 \text{ l/min}$ bei einer Genauigkeit von $\pm 0,5 \%$. Die angesogene und zentrifugierte Luft wird dann über den Rand der Geräteöffnung fast horizontal bis auf eine Entfernung von mindestens 1 m geblasen, wie durch Versuche mit Dräger Luftströmungsprüfern^(R) gezeigt werden kann, so dass ein nochmaliges Ansaugen der bereits durch das Gerät umgesetzten Luft nicht stattfindet.

3.2.3. Desinfektion

Gerätekopf und Lüfterflügel sind beliebig bis maximal 160°C sterilisierbar. Man kann sie allerdings auch z.B. mit Buraton^(R)-Spray desinfizieren, der sich auch für das Stativ und zum Teil den Gerätekopf eignet. Die Desinfektion, bzw. Sterilisation wird vor jeder Messreihe durchgeführt. Zwischen den einzelnen Messungen kann der Gerätekopf mit der ebenfalls desinfizierten Schutzkappe abgedeckt werden. Zur Abdeckung des Gerätekörpers während der Messung im ultrareinen Raum steht ein sog. Sterilüberzug zur Verfügung, der auch von der Firma Preis vertrieben wird.

3.2.4. Kulturmedium (s. Abb. 3)

Bei diesem handelt es sich um Standard Nutrient Agar, der auf eine Folie mit 34 , je ca $0,8 \text{ cm}^2$ grosse quadratische Wännchen aufgebracht ist.

Der Agar eignet sich besonders für Bestimmung der Koloniezahl aerober, meso- und thermophiler Keime. Die Inkubationszeit beträgt im Brutschrank bei 35°C oder bei Zimmertemperatur (20 - 22°C) nach Angabe des Herstellers (Firma LKS Preis) 44 $\pm$ 4 Std.

3.2.5. Durchführung der Luftkeimkonzentrations-

Bestimmung

Nach gründlicher, ordnungsgemässer Desinfektion wird der RCS für die Messungen senkrecht auf ein Fotostativ geschraubt, wobei sich dann die Öffnung des Gerätekopfes auf einer Höhe von 1,15 m über dem Boden befindet. Die zu untersuchende Luft wird demnach aus einer Höhe zwischen 1,15 und 1,55 m angesogen. Nach dem Aufstellen des Gerätes an der gewünschten Stelle wird die Laufzeit an der Zeitvorwahl eingestellt, daraufhin die Agarfolie aus der keimfrei verschweissten Klarsichtpackung entnommen und ohne das Kulturmedium zu kontaminieren, mit der Agarseite nach innen gewandt, durch den seitlichen Schlitz des Gerätekopfes in diesen gegen den Uhrzeigersinn eingeführt. Alsdann wird das Gerät gestartet; hierbei sollte man nicht näher als 60 cm an das Gerät herantreten, um nicht die Werte durch massiv vom Körper abfallende Keime zu verfälschen (12, 34, 106). Nachdem sich das Gerät automatisch abgeschaltet hat, wird die Folie entnommen und wieder in die Klarsichthülle eingelegt, die mit Tesafilm^(R) verschlossen wird. Sodann erfolgt die Inkubation bei 35°C im Brutschrank für 48 Std.

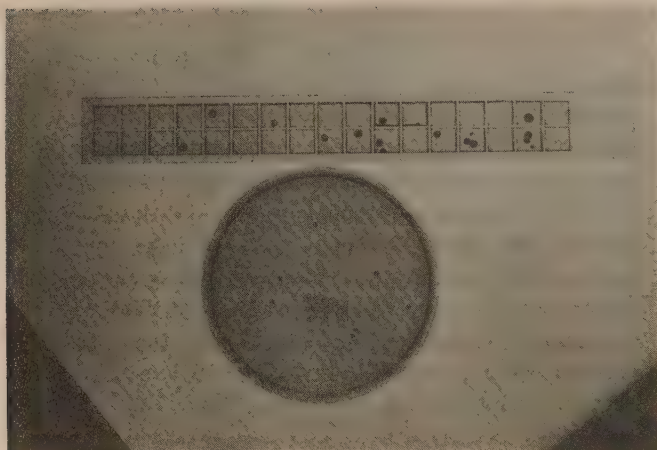


Abb. 3 Kulturmedium des RCS im Vergleich mit einer Petrischale, wie sie auch beim Casella-Slit-Sampler verwendet wird.

3.2.6. Auszählung

Nach der Inkubation werden die Kolonien durch die Klarsichthülle hindurch im schwachen Gegenlicht eines bis auf die Grösse der Folie abgedeckten Röntgenbildbetrachters gezählt. Dabei wird jede gezählte Kolonie auf der Verpackung mit einem Filzstift markiert, der bei jedem Aufdruck, also bei jeder Markierung, in seiner Halterung einen Kontakt auslöst; die dadurch entstandenen Impulse addiert ein angeschlossener Elektronenrechner fortlaufend. Die so ermittelte Zahl wird je nach eingestellter Laufzeit, bzw. dem daraus resultierenden Luftdurchsatz mit dem entsprechenden Faktor multipliziert, um so die Zahl der koloniebildenden Einheiten/ m^3 Luft (KBE/m^3) zu errechnen. Eine KBE kann ein mit mehreren Bakterien beladener Partikel sein, ein mehrere Bakterien enthaltender droplet nucleus, aber auch ein freischwebendes Bakterium; sie alle bilden, sofern sie auf dem Agar angehen, nur eine Kolonie.

3.3. Messprotokoll

Bei jeder Einzelmessung wurden folgende Daten erfasst: Foliennummer, Datum, Uhrzeit, Ort, Zahl der anwesenden Personen und deren Tätigkeitsmerkmal; ausserdem wurde ein Vermerk über die Art der Belüftung bzw. deren Einstellung angebracht. Nach der Bebrütung wurde die Zahl der koloniebildenden Einheiten pro Folie notiert sowie das Ergebnis der Umrechnung in KBE/m^3 Raumluft.

3.4. Versuchsplanung

Methodische Prüfung des RCS auf seine Eignung durch vergleichende Synchronmessungen mit dem Casella-Slit-Sampler (s. 4.1.).

Stichprobenartige Messungen der Luftkeimkonzentration in den Räumen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse; ausserhalb des Operationsbereiches (s. 4.2.1.), im Operationsbereich (s. 4.2.2.).

Messung der Luftkeimkonzentration im Tagesverlauf in den konventionell belüfteten Operationssälen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse (s. 4.2.2.).

Messung der Luftkeimkonzentration in neu errichteten, mit Belüftungsanlagen ausgestatteten Operationssälen (s. 4.2.3.).

Messung der Luftkeimkonzentration bei stufenweiser Erhöhung der Zahl der anwesenden Personen (s. 4.2.4.).

Messung der Luftkeimkonzentration im Operationssaal bei indirekter UVC-Bestrahlung der Raumluft und bei zusätzlicher Einhaltung anerkannter Verhaltensregeln (s. 4.2.5.).

Die zusätzlich erforderlichen methodischen Angaben bezüglich der Lüftungstechnischen Anlagen, der indirekten UVC-Bestrahlung und der Verhaltensregeln sind Übersichtlichkeitshalber unter den jeweiligen Punkten bei den Ergebnissen mitaufgeführt.

4. ERGEBNISSE

4.1. Methodische Prüfung des RCS auf seine Eignung durch vergleichende Synchronmessungen mit einem Casella-Slit-Sampler

4.1.1. Methodische Zusatzbemerkungen

Um die Keimausbeute beider Geräte vergleichen zu können, wurden 3 Meßserien durchgeführt, 2 zu je 10 Synchronmessungen und 1 zu 7 Synchronmessungen. Die Versuche wurden in Räumen durchgeführt, in denen lediglich die die Geräte bedienenden Personen anwesend waren, und in denen mittels Dräger Strömungsprüfer für Luft CH 216 kein Luftzug nachgewiesen werden konnte. Die Geräte wurden im Abstand von 1,5 m zueinander aufgestellt und gleichzeitig gestartet. Die Laufzeit beider Geräte betrug 2 min. Dies entspricht beim Casella-Slit-Sampler einem Luftdurchsatz von 60 l und beim RCS von 80,84 l. Bei beiden Geräten wurden dieselben Nährmedien verwendet.

4.1.2. Serie 1

Ort: Wägezimmer (Raummitte)

Personenzahl: 2

Casella-Slit-Sampler		RCS	
KBE/60 Liter	KBE/m ³	KBE/80,94 Liter	KBE/m ³
10	166,6	22	271,8
14	233,2	26	321,2
15	250	29	358,3
9	150	25	308,8
18	300	20	247
18	300	17	210
9	150	18	222,3
11	183,3	20	247
7	116,6	17	210
11	183,3	14	173
Mittelwert $\bar{x}$ = 203,3		$\bar{y}$ = 256,94	
Korrigierte Varianz σ_x^2 = 4 124,69		σ_y^2 = 3 351,518	
Korrigierte Standardabweichung σ_x = 64,22		σ_y = 57,89	
Variationskoeffizient $V \frac{\sigma_x}{\bar{x}}$ = 0,31		$\frac{\sigma_y}{\bar{y}}$ = 0,225	

Korrelationskoeffizient r = 0,1685

Ausbeute RCS 126,38 % gegenüber dem Casella-Slit-Sampler

4.1.3. Serie 2

Ort: Flur

Personenzahl: 2

Casella-Slit-Sampler		RCS	
KBE/60 Liter	KBE/m ³	KBE/80,94 Liter	KBE/m ³
8	133,3	5	61,7
10	166,6	10	123,5
4	66,6	12	148,2
4	66,6	10	123,5
3	50	9	111,2
5	83,3	6	74,1
3	50	14	173
Mittelwert $\bar{x}$	= 88,05	$\bar{y}$	= 116,45
Korrigierte Varianz $\hat{\sigma}_x^2$	= 2 009,33	$\hat{\sigma}_y^2$	= 1 520,66
Korrigierte Standardabweichung $\hat{\sigma}_x$	= 44,82	$\hat{\sigma}_y$	= 38,99
Variationskoeffizient $\frac{\hat{\sigma}_x}{\bar{x}}$	= 0,509	$\frac{\hat{\sigma}_y}{\bar{y}}$	= 0,3348

Korrelationskoeffizient $r = 0,4297$

Ausbeute RCS 132,26 % gegenüber dem Casella-Slit-Sampler

4.1.4. Serie 3

Ort: Wägezimmer (Raummitte)

Personenzahl: 2

Casella-Slit-Sampler		RCS	
KBE/60 Liter	KBE/m ³	KBE/80,94 Liter	KBE/m ³
9	150	8	99
8	133,3	6	74,1
9	150	13	160,6
4	66,6	10	123,5
7	116,6	11	136
6	100	6	74,1
2	33,3	8	99
13	216,6	14	173
8	133,3	15	185,3
7	116,6	14	173
Mittelwert $\bar{x}$	= 121,63	$\bar{y}$	= 129,76
Korrigierte Varianz σ_x^2	= 2 472,26	σ_y^2	= 1 771,30
Korrigierte Standardabweichung σ_x	= 49,72	σ_y	= 42,08
Variationskoeffizient $\frac{\sigma_x}{\bar{x}}$	= 0,4087	$\frac{\sigma_y}{\bar{y}}$	= 0,324

Korrelationskoeffizient r = 0,4313

Ausbeute RCS 106,68 % gegenüber dem Casella-Slit-Sampler

4.1.5. Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der vergleichenden Messungen zwischen Casella-Slit-Sampler und RCS

- 1) Die Keimausbeute war beim RCS zwischen 6,68 und 32,26 % grösser als beim Casella-Slit-Sampler.
- 2) Die korrigierte Varianz V war in jeder Messreihe für den RCS kleiner, damit auch die korrigierte Standardabweichung σ und die prozentuale Abweichung um den Mittelwert, der Varianzkoeffizient (Schwankungen zwischen 0,225 und 0,3348 für RCS und zwischen 0,31 und 0,509 für Slit-Sampler).

Der RCS ist nach diesen Ergebnissen in seiner Aussagekraft und Genauigkeit dem Slit-Sampler überlegen; darüber hinaus sind die Desinfektionsmöglichkeiten des RCS gegenüber dem Casella-Slit-Sampler wesentlich besser, die Handhabung einfacher, der apparative Aufwand geringer und die Geräuschbelästigung minimal. Der Casella-Slit-Sampler ist für den Einsatz im Operationsbereich zu unhandlich (70). Da er nicht sterilisierbar ist, können anfänglich, besonders bei niedrigen Keimzahlen, falsch hohe Werte gemessen werden (102).

Beide Geräte liefern Werte, die in einem unbekannten Annäherungsgrad den wirklichen Gegebenheiten entsprechen. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Ermittelt man bei aerober Bebrütung des Agars 150 koloniebildende Einheiten/ m^3 , so bleibt die Zahl der anaerobiertragenden Partikel, die evtl. ebenso gross wie die der Aerobier ist, ausser Acht; postuliert man zusätzlich, dass an jedem Partikel zwei Bakterien haften, erhält man bereits eine absolute Zahl von 600 Bakterien/ m^3 Luft (55, 88). Diese Einschränkungen gelten natürlich nicht nur für die beiden aufgeführten Geräte, sondern bislang für jedes Verfahren zur Luftkeimzahlbestimmung.

4.2. Messungen mit dem RCS

4.2.1. Luftkeimkonzentration in den Räumen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse, ausschliesslich Operationsbereich

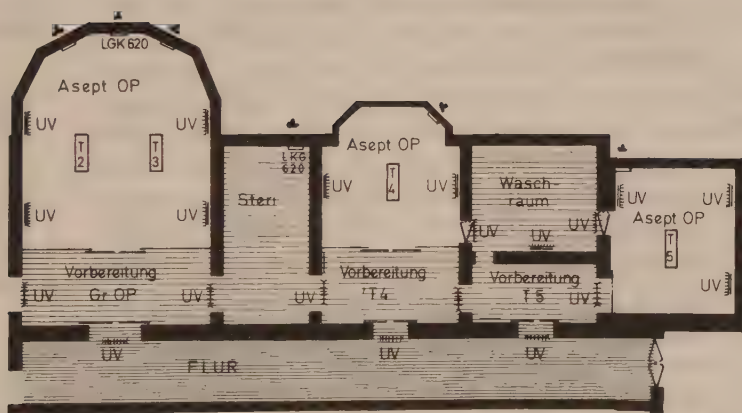
Stichprobenartig wurde die Keimbelastung in den jeweiligen Räumen ermittelt; die Räume waren nur konventionell belüftet, gemessen wurde in Raummitte. Die Personenzahl steht für die während des Messvorgangs anwesenden Personen; auf dem Flur handelt es sich um Passanten. Der angegebene Mittelwert $\bar{x}$ setzt sich aus den zwei Messungen zusammen, die im Abstand von zwei Minuten durchgeführt wurden.

Ort	Personen	x_1	x_2	Mittelwert $\bar{x}$	
Fussweg vor Eingang	1/1	87	112	100	KBE/m ³
Klinikflur	10/14	675	825	750	
Wartezimmer Ambulanz Frauen	4/3	222	247	234	
Vorraum Ambulanz Männer	12/17	1187	1325	1256	
Sept. Ambulanz OP Männer	1/1	1512	1587	1549	
Röntgen-Ambulanz	5/5	537	750	643	
Lift	4/7	1025	1662	1343	
Histolog. Labor	1/1	350	412	381	
Flur Stat. IV	4/3	1137	1175	1156	
Stat. IV Zimmer 228	11/11	1729	1742	1736	
Stat. IV "	9/9	2891	3644	3267	
Stat. IV "	4/4	1050	1099	1074	
Stat. IV "	4/4	1705	2582	2143	
Stat. IV "	5/6	766	778	772	
Stat. IV "	5/5	2273	2767	2521	
Stat. IV "	4/4	1643	1989	1816	
Beatmungsstation X	4/5	161	259	210	
"Saubere" Wache VI rechte Box	2/2	692	729	710	
" " mittlere Box	2/2	1075	1210	1143	
" " linke Box	2/2	741	889	815	
Sept. Wache IV	15/14	482	506	494	
Wiederholungsmessungen auf den Intensivstationen nach 3 Monaten					
Beatmungsstation X	10/10	160	185	172	
"Saubere" Wache VI rechte Box	7/7	370	630	500	
" " mittlere Box	2/2	815	840	827	
" " linke Box	4/4	531	568	549	
Sept. Wache IV	9/11	86	333	209	

Es zeigt sich also eine steigende Luftkeimkonzentration von der Aussenluft bis hin zu den Patientenzimmern, in denen die höchste Keimbelastung feststellbar war. Bemerkenswert sind die niedrigen Werte auf der Beatmungsstation und der septischen Wache, demgegenüber weist die sog. saubere Wache mittlere Keimzahlen auf.

**4.2.2. Luftkeimkonzentration im Operationsbereich
der Chirurgischen Universitätsklinik Nussbaum-
strasse**

**4.2.2.1. Grundriss des Operationsbereichs mit
Zoneneinteilung in weiss, grau und
schwarz.**



3089

4.2.2.2. Stichprobenartige Messung der Luftkeimkonzentration in den sog. schwarzen (Operationsflur mit Umbettung, Umkleide-räume) und grauen Zonen (Waschräume, Vorbereitung mit Nar-koseeinleitung, Sterilisationsraum).

Im Vergleich zu 4.2.1. waren Doppelmessungen aus technischen Gründen nicht immer durchführbar.

Uhr-zeit	Ort	Per-sonen	x ₁	x ₂	$\bar{x}$	
	<u>Herrenschleuse</u>					
7 ⁰⁰	Vor Umkleiden	2/1	1 149	1 630	1 389	KBE/m
7 ³⁰	Hauptumkleidezeit	4/3	4 151	4 336	4 243	
17 ¹⁰	Reinigen	3	4 658		4 658	
	<u>OP-Flur</u>					
7 ¹⁵		4	902		902	
11 ³⁰		6/4	790	840	815	
22 ²⁵		1/1	74	333	203	
	<u>Waschraum</u>					
7 ¹⁰	Vor Waschen	1/1	617	815	716	
7 ⁴⁰	Waschen	2/2	1 420	1 618	1 519	
8 ³⁰	Nach Waschen	1/1	1 371	1 445	1 408	
9 ⁴⁵	Waschen	3/3	1 470	1 878	1 674	
18 ⁰⁰	Reinigen	2	2 594		2 594	
	<u>Patientenvorbereitung</u>					
	<u>OP T 4</u>					
6 ⁵⁰	Geräte Vorbereitung	4/5	568	1 421	994	
7 ⁴⁵	Vorbereitung des Pat.	9	2 248		2 248	
10 ⁴⁵	leer (nur Pass.)	4/8	1 112	1 284	1 198	
11 ⁴⁵	Vorbereitung des Pat.	4	2 409		2 409	
12 ³⁵	leer (nur Pass.)	3	1 532		1 532	
13 ²⁵	"	4	1 278		1 278	
	<u>Patientenvorbereitung</u>					
	<u>OP T 5</u>					
6 ⁴⁰	leer	1/1	728	1 050	889	
7 ⁴⁰	Vorbereitung des Pat.	5/6	2 112	2 730	2 421	
7 ⁵⁰	" "	7	2 298		2 298	
8 ⁴⁰	leer (nur Pass.)	2/3	1 507	1 828	1 667	
	<u>Patientenvorbereitung</u>					
	<u>Gr. OP</u>					
7 ⁴⁰	Vorbereitung des Pat.	5/6	951	1 470	1 210	
8 ⁵⁵	" "	6/3	1 470	1 779	1 624	
22 ⁰⁰	leer (UV-Best. in um- liegend. Räumen)	1	55		55	
	<u>Sterilisationsraum</u>					
8 ⁵⁰		3/4	1 705	1 729	1 717	
11 ⁰⁰		6/6	1 507	1 964	1 735	
11 ⁵⁰		3/6	1 445	1 717	1 581	
22 ¹⁵		1/1	222	568	395	

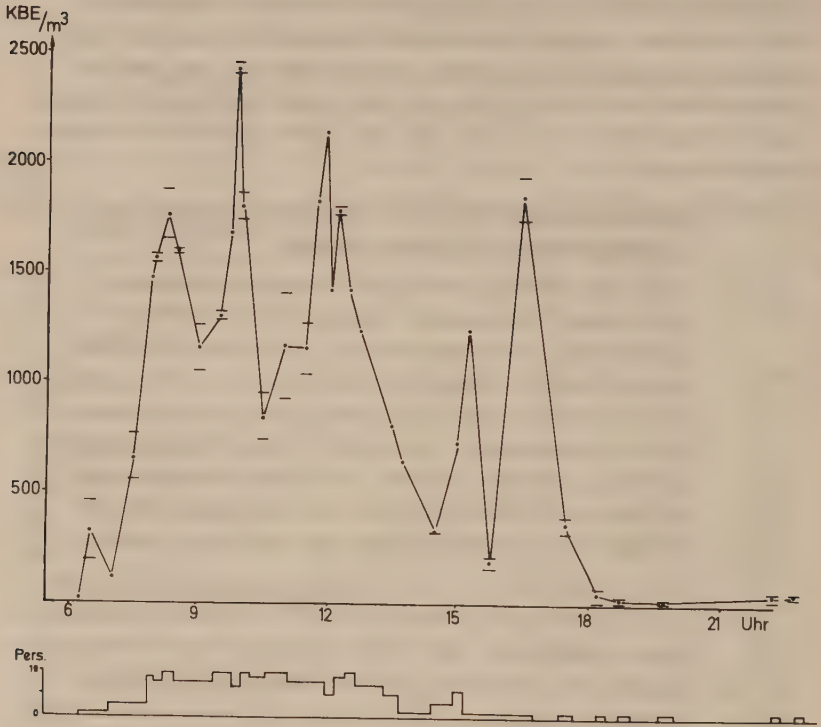
In allen Räumen liess sich eine niedrige Luftkeimzahl bei kleiner Zahl der anwesenden Personen bzw. geringer körperlicher Aktivität dieser Personen erkennen. In den Vorbereitungsräumen wurden die Höchstwerte bei der Vorbereitung der Patienten (Legen des venösen Zugangs, Anlegen der Meßsonden, Intubation) gemessen, in der Umkleide zur Hauptumkleidezeit und beim Reinigen. Die niedrigsten Werte wurden nachts registriert, als nur die das Gerät bedienende Person anwesend war.

4.2.2.3. Luftkeimkonzentration in der sog. weissen Zone (Operationssäle) im Tagesverlauf.

Auch bei diesen Messreihen wurde als Messort die Raummitte gewählt, während der Operation allerdings eine Position ca 1,5 m seitlich neben dem Patienten hinter dem Operateur. In der graphischen Darstellung ist in der Abszisse die Uhrzeit und in der Ordinate die KBE/m^3 Raumluft aufgetragen; daneben ist noch die bei der jeweiligen Messung anwesende Personenzahl und das Hauptmerkmal der Tätigkeit am unteren Rand der Abbildung vermerkt.

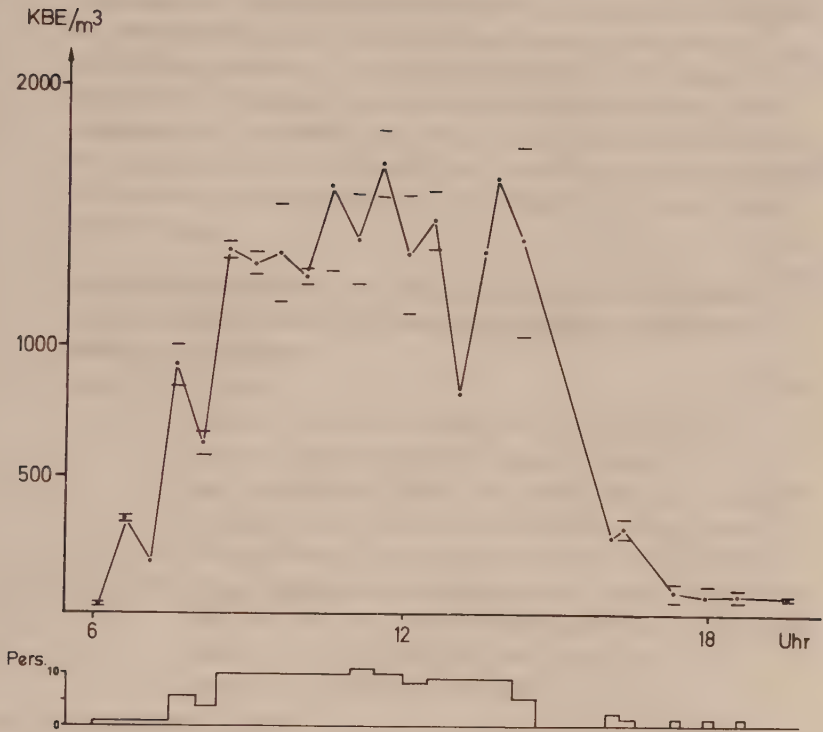
Die Belüftung der Operationsräume in der Nussbaumstrasse erfolgt konventionell. Lediglich zur Kühlung sind Klimageräte der Firma Linde installiert. Die Geräte der Baureihe LKG 620 haben eine maximale Kühlleistung von 6 200 kcal/h und eine Luftleistung von 870 - 1 200 m^3/h , je nach Reglerstellung. Die Abluftleistung beträgt nach Angabe des Herstellers 260 m^3/h und die Frischluftzufuhr 170 m^3/h . Die Filterung der Zuluft erfolgt über einen Feinstaubfilter der Filterklasse B 2.

4.2.2.3.1. Kleiner Operationssaal T 4



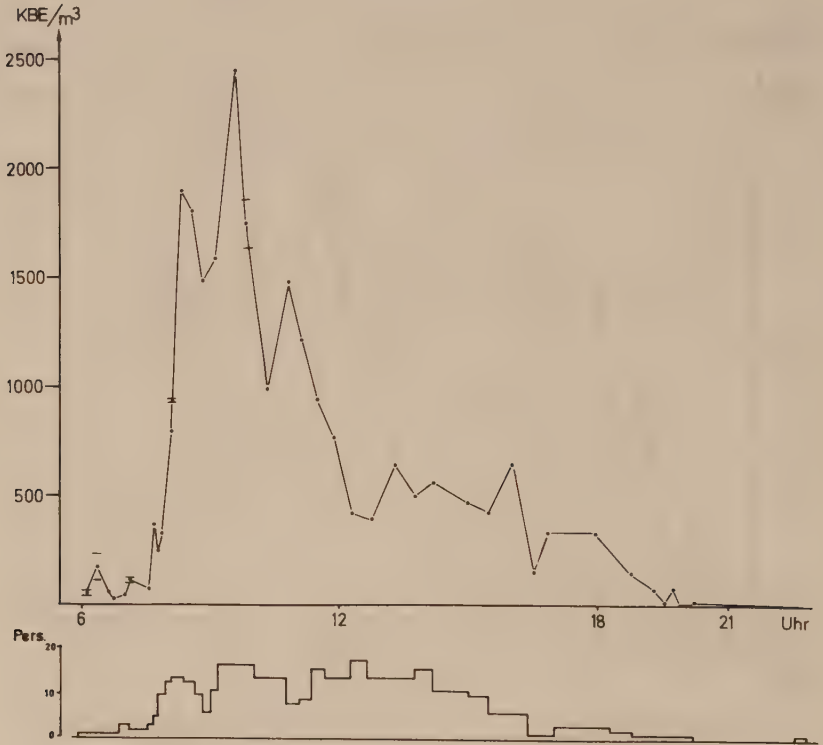
Lagern
 Waschen, Abdecken
 APPENDEKTOMIE
 Pat.-wechsel
 CHOLECYSTEKTOMIE
 Wundverschluss
 Pat.-wechsel
 Waschen, Abdecken
 CIMINO-SHUNT
 Abräumen, Rausfahren
 Reinigung

4.2.2.3.2. Kleiner Operationssaal T 5



Verbereitung der Geräte
Reinfahren, Waschen, Abdecken
CHOLECYSTECTOMIE
Druckmessung
CHOLEDOCHUSREVISION
Beginn des Wundverschlusses
Rausfahren
Beginn der Reinigung

4.2.2.3.3. Grosser Operationssaal T 2 und T 3



Reinfahren, lagern, waschen
 NARBENREVISION, MATERIALENTFERN.
 Pat.-wechsel
 HAMATOMAUSTRÄUMUNG
 SUBTOTALE STRUMARESEKTION
 Pat.-wechsel
 VARIZENSTRIPPING
 FLEISCHWUNDE
 Pat.-wechsel
 SCHRITTMACHER-IMPLANTATION
 CIMINO-SHUNT
 Rausfahren
 Reinigung

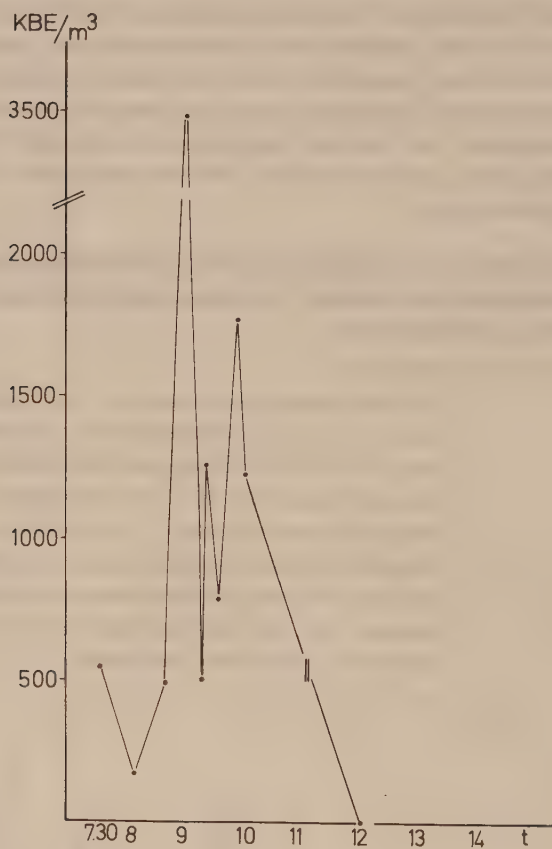
Bei leeren Räumen fand sich nahezu keimfreie Luft; mit zunehmender Vorbereitungsaktivität stiegen die Werte an, um Höchstwerte beim Hereinfahren, Lagern und Waschen sowie beim Abdecken und Herausfahren des Patienten zu erreichen. Insgesamt lagen die durchschnittlichen Luftkeimzahlen, gerechnet vom Hautschnitt der ersten bis zur Hautnaht der letzten Operation, im Bereich von 1350 KBE/m^3 in allen Operationssälen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse.

4.2.3. Luftkeimkonzentration in neu errichteten Operationssälen mit auf einen 15-fachen Luftwechsel ausgelegten Belüftungsanlagen

4.2.3.1. Klinik A

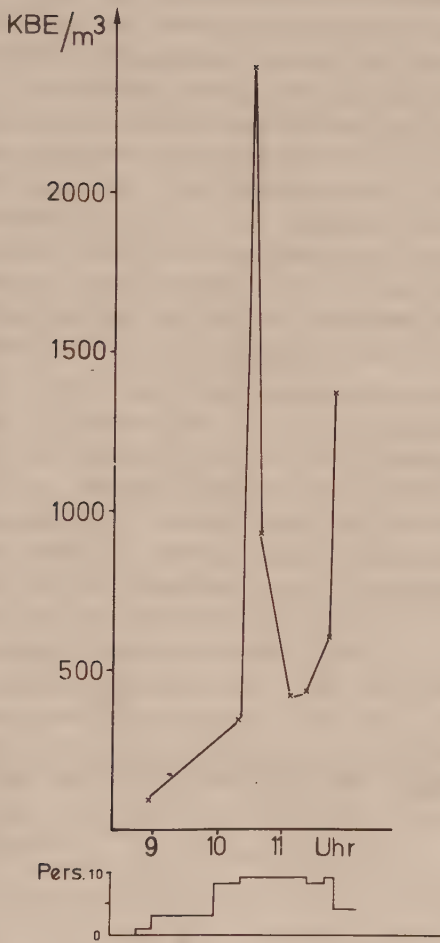
In den Operationssälen ist ein Belüftungssystem mit zwei Filterstufen (Filter B 2 und Schwebstofffilter der Güteklasse S) installiert, sowie ein Umluftsprühbefeuchter; das Zuluftvolumen beträgt $1\,800 \text{ m}^3/\text{h}$, entsprechend einem 15-fachen Luftwechsel bei einem Rauminhalt von 120 m^3 . Die Zuluftführung erfolgt über Lochdecken, die Entlüftung über Auslässe in den Raumecken über dem Fussboden.

4.2.3.1.1. Klinik A Operationssaal 1



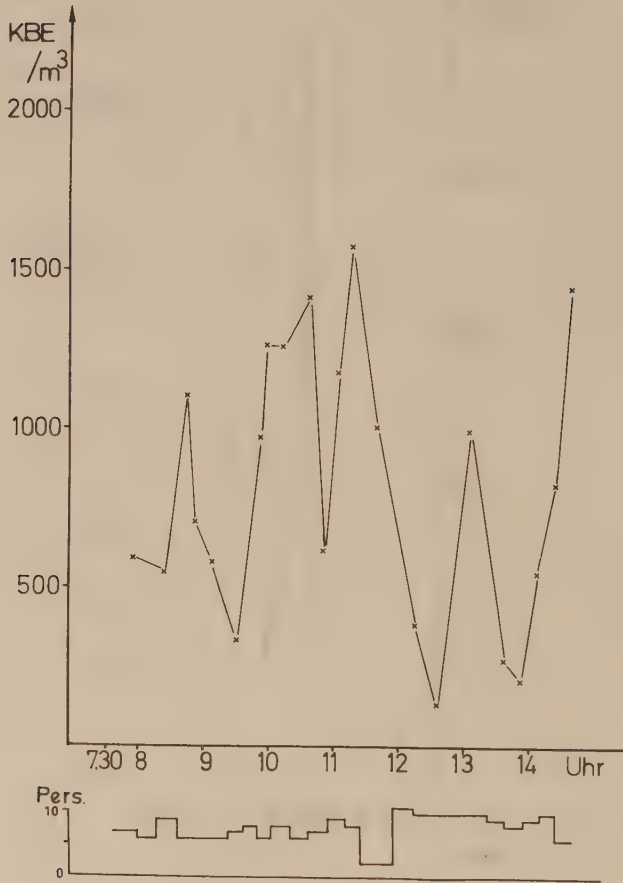
Op. - Beginn
 SPRUNGGELENK-
 AUSSENBANDNAHT
 Verband, Rausfahren
 Reinfahren
 AUSSENBANDNAHT
 Rausfahren

4.2.3.1.2. Klinik A Operationssaal 2



Abdecken
CHOLECYSTECTOMIE
Abräumen, Verbinden
Rausfahren

4.2.3.1.3. Klinik A Operationssaal 3



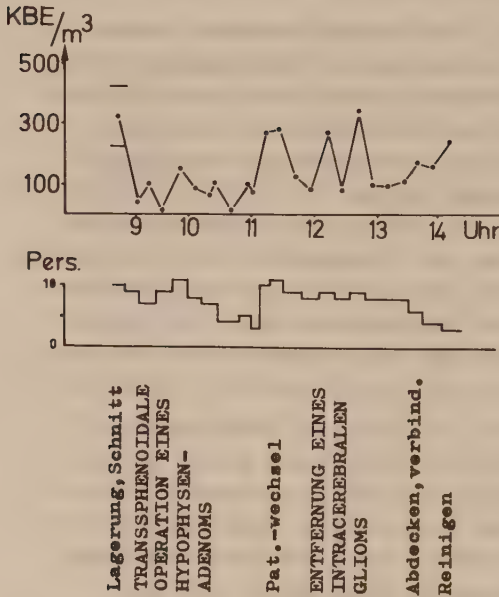
Hautschnitt
 HERNIOTOMIE
 Verbinden, rausfahren
 Reinfahren
 HERNIOTOMIE
 Pat.-wechsel
 APPENDEKTOMIE
 Pat.-wechsel
 HODENTUMOR-ENTFERNUNG
 Pat.-wechsel
 LAPARATOMIE MIT
 ANLAGE EINES
 ANUS PRAETER
 Verbinden, rausfahren

4.2.3.2. Klinik B

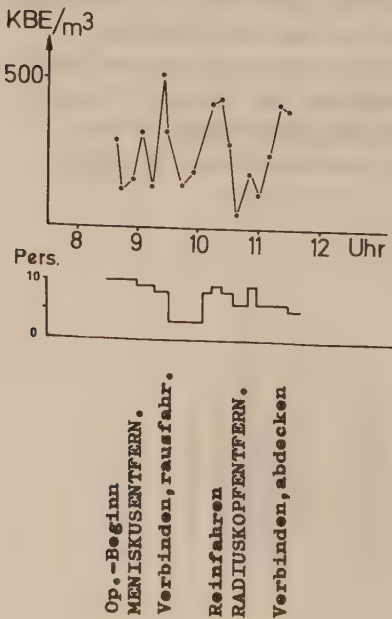
Hier herrscht in den Operationsräumen laminar air flow mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung; das Belüftungssystem besteht aus einem Vorfilter B 2 und einem Schwebstofffilter der Güteklasse S, ausserdem ist ein Dampfbefeuchter installiert. Das Zuluftvolumen beträgt $1950 \text{ m}^3/\text{h}$, das Abluftvolumen $1750 \text{ m}^3/\text{h}$, entsprechend einem 15-fachen Luftwechsel bei 125 m^3 Rauminhalt. Die Luftführung erfolgt über Zuluftanemostate in den Operations-saaldecken; die Entlüftung zu zwei Drittel über Abluftgitter an den vier Raumecken über dem Fussboden und zu einem Drittel unterhalb der Decke.

Es handelt sich also um einen Operationssaal, der die Definition eines reinen Raumes gemäss VDI 2083 erfüllt (5). Die verwendeten Schwebstofffilter scheiden Schwebstoffe, einschliesslich radioaktiver Stäube, Nebel und Mikroorganismen, aus Luft und anderen Gasen ab und sind nach DIN 24184 (Typprüfung von Schwebstofffilter) typgeprüft und gekennzeichnet (6). Sie haben im kritischen Abscheidebereich (etwa $0,2 - 0,5 \mu\text{m}$) einen Durchlassgrad von 0,01 %. Zur Erfüllung der Deutschen Industrienorm 1946 Bl. 4, Entwurf Juni 1974, die für die Raumklasse der Gruppe 1 (aseptischer OP) eine dreistufige Filterung fordert, fehlt allerdings ein Feinstaubfilter der Güteklasse C.

4.2.3.2.1. Klinik B Operationssaal 2



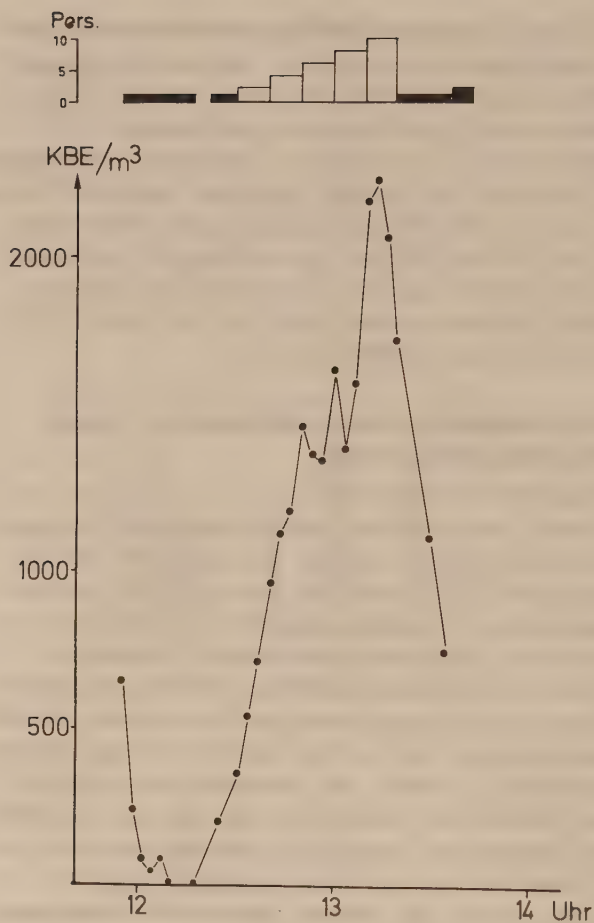
4.2.3.2.2. Klinik B Operationssaal 3



In der Klinik A zeigten sich ähnliche Kurvenverläufe der Luftkeimkonzentration wie in den konventionell belüfteten Operationssälen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse, jedoch lagen in der Klinik A die Durchschnittswerte, gerechnet vom Hautschnitt derersten bis zur Hautnaht der letzten Operation zwischen 770 und 950 KBE/m³; in der Klinik B ergaben sich Mittelwerte von 125 und 190 KBE/m³ und die Spitzen in den Kurven beim Hereinfahren, Lagern und Waschen des Patienten sowie beim Abräumen fielen deutlich niedriger als in den anderen beiden Kliniken aus.

4.2.4. Die Luftkeimkonzentration in Abhängigkeit von der Zahl der anwesenden Personen

Bei diesem Versuch wurde nach Operationsende und nach mechanischer Reinigung des Operationssaales die Raumluft im aseptischen OP T 4 für die Dauer von 20 min mit 2 Sterisol^(R) UV-Strahlern Type NN 30-89 bei nach unten gekippten Reflektoren unmittelbar bestrahlt; diese waren vor Versuchsbeginn erneuert worden und lieferten eine Bestrahlungsstärke von 100 μ W/cm² in 1 m Abstand. Nach einer Pause von 10 min wurde die Personenzahl zunächst auf 2, dann alle 10 min um weitere 2 auf insgesamt 10 erhöht. Die Personen waren mit der üblichen OP-Kleidung bekleidet, ohne jedoch die sterilisierten Mäntel zu tragen. Die Personen bewegten sich in der Masse, wie es bei einer normalen Operation üblich ist. Pro 10 min wurden 3 Messungen vorgenommen. Nach Versuchsende wurde die Luftkeimkonzentration noch über weitere 20 min verfolgt.



Es liess sich eine nahezu lineare Beziehung zwischen der Zahl der anwesenden Personen und der gemessenen Luftkeimkonzentration aufstellen. Durchschnittlich stieg die Zahl der KBE/m³ um 232 pro hinzukommende Person an.

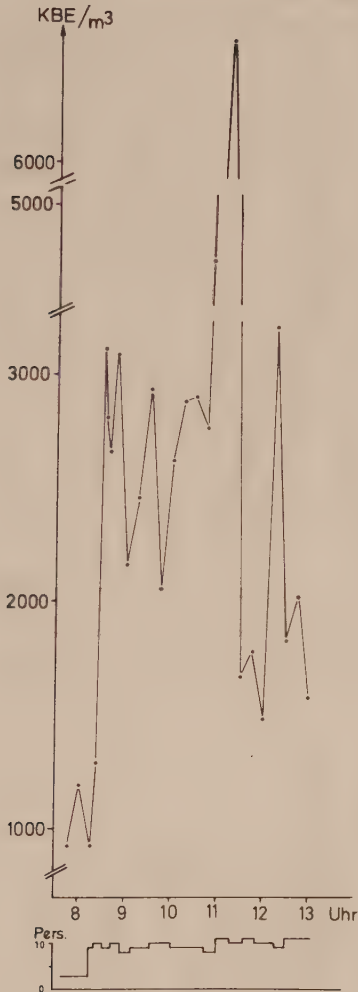
4.2.5. Versuche zur Senkung der Luftkeimkonzentration im Operationssaal

Alle Versuche wurden im kleinen aseptischen OP T 4 der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse durchgeführt. An drei aufeinanderfolgenden Tagen wurde die erste Operation des Tages im Verlauf verfolgt. Der erste Tag diente als Leerversuch und die Messungen wurden ohne vorbereitete Massnahmen und ohne indirekte UVC-Bestrahlung durchgeführt. Am zweiten Tag erfolgten die Messungen unter indirekter, mittelbarer UVC-Bestrahlung der Raumluft; hierbei wurden die in 220 cm Höhe angebrachten zwei Sterisol^(R)-Heisskathodenstrahler der Firma Hanau, Type NN 30-89 mit der Wellenlänge 254 nm verwendet und die Reflektoren nach oben gerichtet. Unter dieser Anordnung lag die Bestrahlungsstärke im Operationsfeld bzw. im Messbereich bei $0,7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, ermittelt mit dem UVC-Messgerät Steritest^(R) der Firma Hanau, das Bestrahlungsstärken der Wellenlänge 253,7 nm misst.

Am dritten Tag erfolgten die Messungen unter mittelbarer UVC-Bestrahlung und unter Einhaltung festgelegter Versuchsvorschriften. Die Verhaltensregeln schrieben nach dem Betreten der Umkleidekabine eine Händedesinfektion mit Desderman^(R) vor, vollständiges Auskleiden bis auf frische Unterwäsche, Anziehen von bis über die Strümpfe reichenden OP-Hosen, Anziehen von frischen Socken, Verschluss des unteren Endes der Hosenbeine mit Gummibändern, Aufsetzen von Hauben und Masken in der Weise, dass die Haare völlig abgedeckt waren, Händedesinfektion vor Betreten des Waschraumes, vor Betreten des Operationssaales Sprühdeshinfektion der Schuhe mit Buraton-Spray^(R); Zutritt zum Operationssaal hatten nur am Versuch beteiligte Personen, im Operationssaal

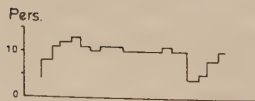
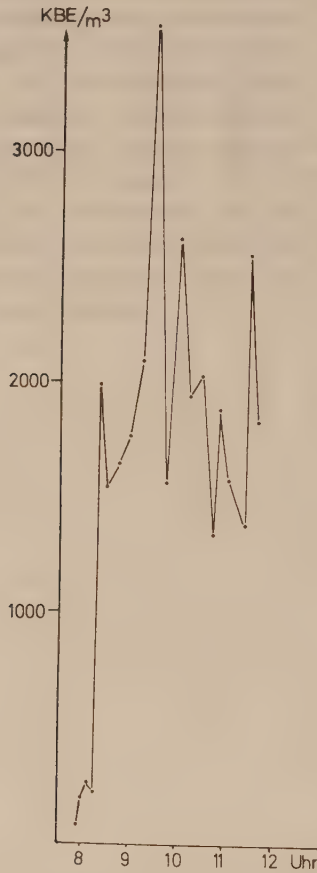
mussten unnötige Bewegungen vermieden werden, es musste langsam gegangen werden; Privatgespräche waren untersagt. Die Arme und Hände des Patienten wurden ebenfalls mit Desderman^(R) desinfiziert, die Haupthaare waren mit einer Kopfhaut abgedeckt. Alle für die Benützung im Operationssaal bestimmten Teile wurden mit Buraton-Spray^(R) desinfiziert. Die Springer und Pfleger waren angehalten, beim Hereinfahren und Lagern des Patienten sowie beim Abdecken die Bewegungen auf ein Minimum zu beschränken, ausserdem mussten sie sich nach jeder Manipulation am Patienten sowie nach jeder Stunde die Hände desinfizieren.

4.2.5.1. Tag 1 : Messungen ohne vorbereitete Massnahmen und ohne indirekte UV-Bestrahlung (Leerversuch)



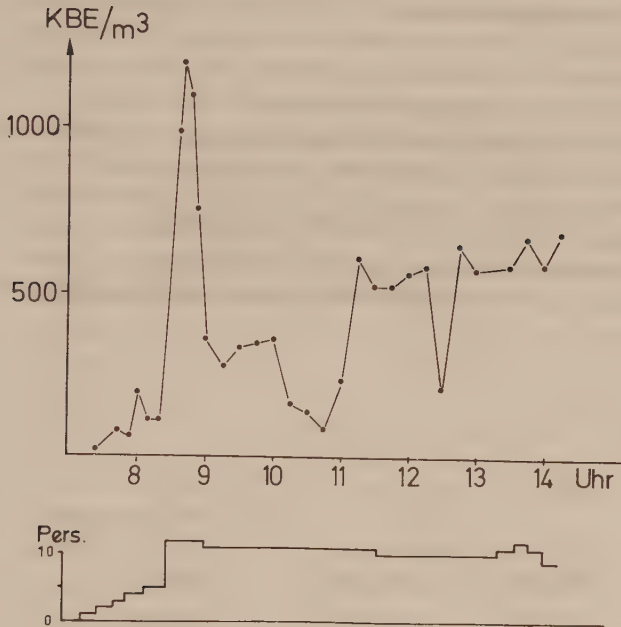
Reinfahren
Schnitt
BILIODIGESTIVE-
ANASTOMOSE
Röntgen
Hautnaht

4.2.5.2. Tag 2 : Messungen unter indirekter UV-Bestrahlung
der Raumluft



Reinfahren
Schnitt
SUBTOTALE
STRUMARESEKION
Hautnaht
Abräumen
Pat.-wechsel

4.2.5.3. Tag 3 : Messungen unter indirekter UV-Bestrahlung der Raumluft und unter Einhaltung festgelegter Versuchsvorschriften



Reinfahren, lagern
Schnitt

PORTOCAVALER
SHUNT MIT
MILZEXSTIRPATION

Einschalten der Lüftung
(Reglerstellung: Raumluft stark,
kühl 5; s. 4.2.2.3.)

Druckmessung

Hautnaht

4.2.5.4. Zusammenfassung der Ergebnisse des Versuchs zur Senkung der Luftkeimkonzentration.

Die angegebenen Mittelwerte beziehen sich auf die Zeit vom Hautschnitt bis zum vollständigen Wundverschluss.

Versuchsablauf

1. Tag: Messung ohne vorbereitete Maßnahmen und ohne indirekte UV - Bestrahlung
2. Tag: Messung unter indirekter UV - Bestrahlung
3. Tag: Messung unter indirekter UV - Bestrahlung und unter Einhaltung festgelegter Versuchsvorschriften

1. Tag	2. Tag UV	3. Tag UV u. Versuchsvorschriften
$\bar{x}$ 2695 KBE/m ³ = 100 %	$\bar{x}$ 2004 KBE/m ³ = 74,3 %	$\bar{x}$ 443 KBE/m ³ = 16,4 %
		ohne Lüftung $\bar{x}$ 304 KBE/m ³ = 11,3 % bei eingeschalteter Lüftung $\bar{x}$ 559 KBE/m ³ = 20,7 %

Betrachtet man die Durchschnittswerte der drei Tage, so erbrachte die indirekte UVC-Bestrahlung eine Reduktion der Luftkeimkonzentration um 26 % und die zusätzliche Einhaltung der Verhaltensregeln sogar eine von 83 % gemessen an den Zahlen des ersten Tages. Setzt man die Durchschnittswerte des 2. Tages gleich hundert Prozent und vergleicht mit denen des 3. Tages, so bewirkt allein die Befolgung der Versuchsvorschriften eine Verringerung der Keimzahlen um 78%. Am 3. Tag zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Keimzahlen nach dem Einschalten der Lüftung, vorher wurden durchschnittlich 304 KBE/m^3 und bei eingeschalteter Lüftung 559 KBE/m^3 gemessen; dies entspricht einer Steigerung um 83%.

5. BESPRECHUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Voraussetzung für das Zustandekommen einer Infektion durch Luftkeime ist eine Keimquelle, die Keime in die Luft freisetzt; die Keime müssen in der Luft überleben können und virulent bleiben, bis sie auf einen geeigneten Nährboden treffen; ihre Zahl muss ausreichend gross sein und es muss ein Empfänger vorhanden sein, bei dem sich die Keime vermehren können und der erkrankt (89). Die neu erstellten Richtlinien VDI 2083 und DIN 1946 befassen sich ausnahmslos mit den in der Luft befindlichen Keimen, ohne auf die übrigen soeben angeführten, die aerogene Infektion beeinflussenden Faktoren einzugehen und ohne Richtwerte für die Luftkeimzahlen zu erlassen (5, 7). - Sicher ist das Sammeln von Luftkeimen mit vielen Problemen behaftet, aber fest steht, dass eine hohe Gesamtkeimzahl in der Luft stets bedenklich ist, da sie grundsätzlich auf schlechte hygienische Verhältnisse hinweist (41). - Eine der ältesten Empfehlungen bezüglich der Luftkeimzahlen geht auf Bourdillon und Colebrook zurück; sie gaben für kleine Operationen und Verbandwechsel Werte von bis $700/\text{m}^3$ an, für grosse Operationen $350/\text{m}^3$ und für Verbandwechsel bei Verbrennungswunden $3,5 - 70/\text{m}^3$ (21). Galson und Goddard fordern in experimentell, unter Verwendung eines Andersen-Sampler aufgestellten Sepsis-Kontrollkurven für Transplantationen ≤ 35 Bakterienkolonien/ m^3 Luft, für die übrigen Operationen 70 - 100, für die Intensivstation Werte < 200 , für eine Normalstation ca 280 und für die übrigen Krankenhausbereiche ungefähr 350 Bakterienkolonien/ m^3 Luft. Diesen Kurven ist auch zu entnehmen, wie hoch die Zahl der Luftwechsel bei einem bestimmten Raumvolumen sein muss, um die Luftkeimzahlen auf die entsprechenden Werte zu senken (37).

Unsere in 4.2.1. aufgeführten Luftkeimzahlen für Bereiche ausserhalb der Operationsabteilung liegen entsprechend der fehlenden Lüftungstechnischen Einrichtungen weit über diesen

Forderungen. Die mit dem RCS gemessenen Werte decken sich aber gut mit den von Gundermann mit einem Gelatine-Filter auf einer operativen Station gemessenen 980 - 2 100 Luftkeimen/ m^3 und den von Heeg mit einem Casella-Slit-Sampler auf einer chirurgischen Intensivstation gemessenen 800 - 2 400 koloniebildenden Einheiten/ m^3 (41, 43). Für das Phänomen der ca doppelt so hohen Keimzahl auf der sog. sauberen Wache im Vergleich zur septischen Wache mit höherer Personenzahl, fanden wir, abgesehen von unterschiedlichen Raumvolumina keine stichhaltige Erklärung; möglicherweise spielt das Verhalten des Personals auf der septischen Wache eine Rolle, das sich angesichts des vermeintlichen Selbstgefährdungsrisikos strikter an die Regeln der Hygiene hält. Botzenhart mass unter freiem Himmel selten mehr als 100 und Shooter maximal 350 Luftkeime/ m^3 (18, 91).

Besorgniserregend war die Luftkeimzahl von über 4 000 in der Herrenumkleide. Der hohe Wert resultiert aus der, wie unten ausführlich ausgeführt, hohen Personenzahl, die diesen Raum benützt und die im Rahmen des Umkleidens beträchtliche Mengen an Partikeln und Keimen freisetzt bzw. keimhaltigen Staub aufwirbelt (1, 24, 38, 40, 41, 77, 99). Die offen gelagerte, nicht sterile Operationskleidung kann durch Sedimentation kontaminiert werden und so zur Verschleppung der z.B. mit dem Kittel in die Umkleide eingebrachten Hospitalismuskeime in den Operationssaal beitragen (52).

Die Messungen in den konventionell belüfteten Operationssälen in der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse im Tagesverlauf zeigten bei leerem Raum eine nahezu keimfreie Luft. Die Werte steigen mit zunehmenden Vorbereitungsaktivitäten an, um einen ersten Gipfel mit dem Hereinfahren, Lagern, Waschen und Abdecken des Patienten zu erreichen. Anschliessend fällt die Kurve auf ein mittleres Niveau ab und steigt gegen Operationsende hin zu einem zweiten Gipfel an, der zeitlich mit dem Abräumen und dem Herein- und Herausfahren der Patienten und Geräte zusammenfällt. In 4.2.2.3.1. kommt es bei einem nochmaligen Patientenwechsel um 13.30 Uhr

wegen des gleichzeitigen Absinkens der Personenzahl von 10 auf 4 nicht zu einem erneuten spike. Bei der letzten Operation, der Anlage eines Cimino-Shunts, liegt das Keimniveau aufgrund der niedrigeren Personenzahl insgesamt etwas tiefer. Anschliessend steht der Operationssaal für eine halbe Stunde leer, was den steilen Kurvenabfall ca um 16.00 Uhr verursacht. Der letzte Gipfel rührt vom Putzen her, das durch die Aktivitäten des Personals zu einer erheblichen Keimfreisetzung und Aufwirbelung führt. Ähnlich sind die Verlaufsmessungen in den übrigen Operationssälen. Die so erstellten Kurven stimmen mit denen vieler Autoren überein (15, 28, 39). Die absoluten Werte schwanken entsprechend den verwendeten Geräten und der anwesenden Personenzahl sowie der Aktivität dieser Personen. Wanner fand in unklimateisierten Operationssälen während der Operation 300 - 1000 Keime/m³, von kurzzeitigen Spitzenwerten abgesehen (98). Naumann mass mit einem Membranfiltergerät im leeren Operationssaal 100, während der Vorbereitung 800 und während der Operation 700 Keime/m³ (66). Weidmann zählte mit einem Sartorius-Membranfiltergerät und mit einem Slit-Sampler durchschnittlich 154 Keime/m³ in konventionell belüfteten Operationssälen (102). Gundermann registrierte mit einem Gelatine-Filter 240 - 1100 und Williams Spitzenwerte von 1300 (41, 106). Betzenhart gibt 261 - 1020 und Sprössig 1500/m³ an (20, 92). Das Auftreten von Spitzenwerten beim Hereinfahren und Lagern des Patienten und beim Putzen wurde auch in der Literatur immer wieder bestätigt (49, 50).

Die Ansicht Webers, dass bakterienhaltige Partikel umso zahlreicher in der Operationssaalluft vorhanden sind, je länger das Operationsprogramm im Gange ist, konnten wir mit unseren Messreihen nicht nachvollziehen (101).

Die von uns ermittelten Durchschnittswerte, gerechnet vom ersten Hautschnitt bis zum Wundverschluss der letzten Operation liegen für die verschiedenen Operationssäle der

Chirurgischen Universitätsklinik Nussbaumstrasse alle im Bereich von 1300 koloniebildenden Einheiten/ m^3 . Im Vergleich dazu liegen die entsprechenden Durchschnittswerte in der Klinik A mit einer auf 15-fachen Luftwechsel/Stunde ausgelegten Lüftungsanlage bei 770 - 950 KBE/ m^3 und in der Klinik B mit einer ebenfalls auf 15-fachen Luftwechsel/Stunde ausgelegten und der Richtlinie VDI 2083 entsprechenden Lüftungsanlage mit laminar flow zwischen 125 und 190 KBE/ m^3 . Die in der Literatur angegebenen vergleichbaren Werte beziehen sich meist auf einen 20-fachen Luftwechsel/Stunde und schwanken zwischen 50 und 200, bzw. für 10-fachen Luftwechsel/Stunde zwischen 100 und 400 Luftkeimen/ m^3 (70, 83, 84, 90, 97).

Natürlich sind die von uns angestellten Vergleiche zwischen den Kliniken und ihren Lüftungsanlagen wegen vieler mit eingehender Variablen nicht statistisch auswertbar, sie zeigen aber die Grössenordnung an, in der in praxi die Senkung der Luftkeimkonzentration bei der Anwendung verschiedener Lüftungssysteme ausfällt.

Unbestritten ist inzwischen, dass sich durch Klima- bzw. Lüftungsanlagen mit entsprechenden Filtern der mikrobiologische Reinheitsgrad der Luft deutlich verbessern lässt und dass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Luftwechsel, Raumgrösse und Keimzahl besteht (37, 74, 84, 97). Machbar ist inzwischen bereits eine Luftkeimzahl < 1 Keim/ m^3 Raumluft in einer sterilen Operationsbox, wobei eine vertikale Kolbenströmung mit 700-fachem Luftwechsel/Stunde verwendet wird und sich der Kopf des Patienten, das Beatmungsgerät und der Anästhesist ausserhalb der Kabine befinden. Weidmann konnte auf diese Weise die Zahl der am Ende einer Operation aerogen oder anders kontaminierten Wunden von ca 50% auf 5% senken und vermutet hierin auch den Grund für die Senkung der Zahl der postoperativen Infekte (102).

Unsere Messungen der Luftkeimkonzentration in Abhängigkeit von der Personenzahl zeigen eine nahezu lineare Beziehung zwischen diesen beiden Grössen. Der Mensch ist der weitaus grösste Bakterienstreuer und in einem reinen Raum ist die Zahl der anwesenden Personen und deren Bewegungen von entscheidender Bedeutung für den Bakteriengehalt der Luft (24, 38, 40, 41, 80, 97, 106). Schon beim Umhergehen setzt ein Mensch pro Minute ca 10 000 bakterientragende Partikel frei und auch in steriler Operationskleidung schwankt diese Zahl je nach Art des Stoffes und der ausgeführten Tätigkeit sowie der dabei herrschenden Disziplin zwischen 1 500 und 50 000 (34). Durch die Verwendung sehr engmaschiger Stoffe in der Herstellung von Operationskleidung sowie der Auswahl von Masken mit geringer Keimdurchlässigkeit und gutem Sitz lässt sich die Luftkontamination reduzieren (11, 12, 31, 35, 63, 96, 99). Adams meint sogar, die durch menschliche Ausstreuung verursachte Luftverunreinigung liesse sich durch entsprechende Kleidung und Masken um 98% senken (1).

Bei dem von uns durchgeführten Versuch zur Senkung der Luftkeimzahl griffen wir auf die indirekte UVC-Strahlung zurück, insbesondere da in dem von uns untersuchten Operationssaal hierfür mit einem direkt bestrahlten Raumvolumen von ca 50% gute Voraussetzungen gegeben schienen. Die ermittelte Reduktion der Luftkeimkonzentration um 25 % deckt sich in etwa mit den Angaben von Wanner, der eine Reduktion um 30% erzielte und mit denen von Botzenhart, der von 30 - 50% spricht (19, 99). Die von Bönicke mit indirekter UV-Bestrahlung der Luft erzielte Verminderung der Luftkeimzahl um 60% konnten wir nicht nachvollziehen (17).

Im nächsten Schritt achteten wir auf eine strikte Einhaltung der Grundregeln der Antisepsis und Asepsis, wie sie u.a. bei Gierhake, Bühler und Peers erwähnt sind (16, 39, 72). Zusätzlich liessen wir lediglich die Hosenbeine mit Gummibändern verschliessen, da nachgewiesen ist, dass die Keim-

streuung von der unteren Körperhälfte besonders hoch ist (13, 68). Mit indirekter UVC-Bestrahlung und eigentlich selbstverständlichen Verhaltensregeln liess sich eine Herabsetzung der Luftkeimzahl auf 16,4% des Ausgangswertes erzielen; vergleicht man die erste Tageshälfte des dritten Tages, als keine Lüftung eingeschaltet war, mit den ersten beiden Tagen des Versuchs, an denen ebenfalls keine Lüftung eingeschaltet war, so zeigt sich sogar eine Reduktion auf 11,3%. Den zeitlich mit dem Einschalten der Lüftungsanlage zusammenfallenden Anstieg der Luftkeimkonzentration führen wir auf das Aufwirbeln sedimentierter Keime zurück. Setzt man nur die Werte des dritten Tages zueinander in Bezug, zeigt sich, dass das Einschalten der Lüftung zu einem Anstieg der Luftkeimkonzentration um 83% geführt hatte. Dies deckt sich mit Angaben in der Literatur, wonach Ventilation ohne adäquate Filterung und Absaugung, insbesondere bei geringer Grundsauberkeit, zu einem Anstieg der Luftkeimkonzentration geführt hat (42, 65).

Abschliessend glauben wir aus dieser Arbeit und dem damit zusammenhängenden Literaturstudium schliessen zu dürfen, dass die mit so viel Aufwand betriebene Luftentkeimung, sei es durch UVC-Strahlung oder durch lüftungstechnische Anlagen nur bei optimaler Planung, Ausführung und Wartung die erwünschte Wirkung zeigt und dies auch nur bei einer entsprechenden Grundsauberkeit, denn nie werden Lüftungsanlagen in der Lage sein, Fehler in der allgemeinen Hygiene aufzuheben. Nachdem der Mensch unbestritten der grösste Keimstreuer ist, meinen wir, dass eine Reduktion der Keimfreisetzung durch entsprechende Verhaltensregeln und die Verwendung geeigneter Materialien zur Herstellung der Operationskleidung der erste Schritt zur Verringerung der Luftkeimzahl sein sollte (8, 9, 15, 30, 42, 54, 76, 79, 87, 93, 104). Nur dann ergeben die lediglich mit grossem finanziellen Aufwand in die Praxis umsetzbaren Richtlinien VDI 2083

und DIN 1946 zur Zuführung keimfreier Luft und Abführung der keimhaltigen Luft einen Sinn. Inwieweit die hiermit zu erzielende Senkung der Luftkeimzahl auch zu einer Senkung der Infektionshäufigkeit führt, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt immer noch umstritten (2, 10, 15, 23, 27, 29, 47, 55, 65, 78, 85, 90, 91, 95, 101, 102). Vielleicht bringt die Arbeit von Lowburry und Lidwell Klärung, in der über 8 000 Patienten mit Hüftgelenksersatz untersucht wurden, bei denen abgesehen von unterschiedlichen Luftkeimzahlen identische Bedingungen herrschten (58).

6. ZUSAMMENFASSUNG

Ein neu entwickeltes Luftkeimsammelgerät, der Reuter Centrifugal Sampler, wurde bezüglich Handhabung, Desinfizierbarkeit und Keimausbeute mit einem Casella-Slit-Sampler verglichen. Die Keimausbeute des RCS lag zwischen 6 und 32% über der des Casella-Slit-Samplers. Der RCS erwies sich bezüglich Handhabung und Desinfizierbarkeit dem Casella-Slit-Sampler als überlegen.

Stichprobenartig wurden mit dem RCS Messungen in verschiedenen Räumen der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse durchgeführt. Während der Operation in konventionell belüfteten Operationssälen wurden durchschnittlich 1 300 koloniebildende Einheiten/m³ Luft gemessen. In einer Klinik mit einer auf 15-fachen Luftwechsel/Stunde ausgelegten Lüftungsanlage wurden durchschnittlich zwischen 770 und 950 KBE/m³ gemessen. In einer weiteren Klinik, deren Lüftungsanlage den Richtlinien VDI 2083 entspricht und die mit laminar air flow ausgerüstet ist, wurden durchschnittlich 150 KBE/m³ gemessen.

In einem Operationssaal wurde eine stufenweise Erhöhung der Personenzahl vorgenommen und gleichzeitig Messungen der Luftkeimkonzentration; es fand sich eine nahezu lineare Beziehung zwischen den beiden Grössen.

Unter Operationsbedingungen reduzierte indirekte UVC-Bestrahlung die Luftkeimzahl um 25%; zusätzliche Einhaltung der Grundregeln der Antisepsis und Asepsis führten zu einer Reduktion auf 16,4% des Ausgangswertes.

Insgesamt ging aus den Untersuchungen hervor, dass der RCS ein brauchbares Gerät zur Luftkeimsammlung darstellt, dass die Luftkeimzahl in Operationsräumen vor allem durch die Zahl der anwesenden Personen und deren Verhalten beeinflusst wird.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. Adams, R., B.Fahlman, E.W.Dube, F.J.C.Dube, S.Read
Control of Infection within Hospitals.
J.A.M.A. 169 (1959) 1557
2. Alexakis, P.G., P.G.Feldon, M.Wellisch, R.E.Richter,
S.M.Feingold
Airborne Bacterial Contamination of Operative Wounds.
West.J.Med. 124 (1976) 361
3. Andersen, A.A.
A New Sampler for the Collection, Sizing and Enumeration
of Viable Airborne Particles.
J.Bacteriol. 76 (1958) 471
4. Andersen, J.D., C.S.Cox
Microbial Survival
Symp.Soc.Gen.Microbiol. 17(1967) 203
5. Anonym
Verein Deutscher Ingenieure VDI
Richtlinie Nr. 2083, Bl. 1 Reinraumtechnik; Grundlagen,
Definition und Festlegung der Reinheitsklassen;
Bl. 2 Reinraumtechnik; Bau, Betrieb und Wartung.
Beuth Verlag, Berlin Köln, Aug. 12. 1976 bzw. 12. 1977
6. Anonym
Deutsche Industrie Norm DIN Nr. 24 184; Typprüfung von
Schwebstofffiltern.
Beuth Verlag, Berlin Köln, Entwurf 1972
7. Anonym
Deutsche Industrie Norm DIN Nr. 1946; Bl. 4 Lüftungs-
technische Anlagen, Lüftung in Krankenanstalten.
Beuth Verlag, Berlin Köln, 1963

8. Beck, W.C.

Asepsis, Super Asepsis and Ultra Asepsis.

American Surgeon 42 (1976) 227

9. Bericht des Parlamentarischen Untersuchungsausschusses zur Überprüfung der Vorfälle im Zusammenhang mit post-operativen Todesfällen in der Universitäts-Frauenklinik Eppendorf.

Drucksache VII/3090 vom 5.7.1973; Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg

10. Bernard, H.R., W.R.Cole

Bacterial Air Contamination and its Relation to Post-operative Sepsis.

Ann.Surg. 156 (1962) 12

11. Bernard, H.R., W.R.Cole, D.L.Gravens

Reduction of Iatrogenic Bacterial Contamination in Operating Rooms.

Ann.Surg. 165 (1967) 609

12. Bernard, H.R., R.Speers, F.O'Grady, R.A.Shooter

Reduction of Dissemination of Skin Bacteria by Modification of Operating Room Clothing and by Ultraviolet Irradiation.

Lancet 2 (1965) 458

13. Bethune, D.W., R.Blowers, M.Parker, E.A.Pask

Dispersal of Staph. Aureus by Patients and Surgical Staff.

Lancet 1 (1965) 480

14. Blowers, R., G.A.Mason, K.R.Wallace, M.Walton

Control of Wound Infection in a Thoracic Surgery Unit.

Lancet 2 (1955) 786

15. Blowers, R., K.R.Wallace

Ventilation of Operating Rooms - Bacteriological Investigations.

Amer.J.Publ.Hlth. 50 (1960) 484

16. Böhler, J.
Ultrareine Operationsräume in der Knochenchirurgie
zur Verhütung aerogener Infektionen.
Zbl.Chir. 100 (1975) 28
17. Bönicke, R., H.Bayha
Die Raumentkeimung mit UV-Strahlen unter Berücksichtigung des Mycobact. tuberculosis.
Beiträge zur Klinik der Tuberkulose 107 (1952) 71
18. Botzenhart, K.
Klimaanlagen in Krankenhäusern
Öffentl.Gesundheitswesen 38 (1976) 319
19. Botzenhart, K.
Hygienische Gefahrenquellen im apparativen und technischen Bereich des Krankenhauses.
Immun. u. Infekt. 5 (1977) 77
20. Botzenhart, K., H.Rüden
Zur Beurteilung von Klimaanlagen im Krankenhaus.
Öffentl.Gesundheitswesen 35 (1973) 141
21. Bourdillon, R.B., L.Colebrook
Air Hygiene in Dressing Rooms for Burns or Major Wounds.
Lancet 1 (1946) 561, 601
22. Bourdillon, R.B., O.M.Lidwell, J.C.Thomas
A Slit-Sampler for Collecting and Counting Air-Borne Bacteria.
J.Hyg.(Cambr.) 41 (1941) 197
23. Brady, L.P., W.F.Enneking, J.A.Franco
The Effect of Operating-Room Environment on the Infection Rate after Charnley Low-Friction Total Hip Replacement.
J.Bone Joint Surg. (Am.) 57 (1975) 80

24. Brøcker, J., C.Jessen
Risk of Airborne Infection at Operation.
Act.Chir.Scand. 125 (1963) 8

25. Burke, J.F.
Identification of the Sources of Staphylococci
Contaminating the Surgical Wound during Operation.
Ann.Surg. 158 (1963) 898

26. Charnley, J.
Post.Operative Infection after Total Hip Replacement.
Clin.Orthop. 87 (1972) 167

27. Charnley, J., N.Eftekhari
Postoperative Infection in Total Prosthetic Replacement Arthroplasty of the Hip-Joint. With Special Reference to the Bacterial Content of the Air of the Operating Room.
Brit.J.Surg. 56 (1969) 641

28. Coriell, L.L., W.S.Blakemore, G.G.J.McGarritty
Medical Application of Dustfree Rooms: II. Elimination of Airborne Bacteria from an Operating Theatre.
J.A.M.A. 203 (1968) 1038

29. Culbertson, W.R., W.A.Altemeier, L.L.Gonzalez, E.O.Hill
Studies on the Epidemiology of Postoperative Infection of Clean Operative Wounds.
Ann.Surg. 154 (1961) 599

30. Dineen, P.
Personnel, Discipline and Infection.
Arch.Surg. 107 (1973) 603

31. Dineen, P.
Microbial Filtration by Surgical Masks.
Surg.Gynec.Obstetr. 133 (1971) 812

32. Dohrmann, R., E.Kanz
Der hygienische Aussagewert bakteriologischer Umgebungs-
untersuchungen in chirurgischen Kliniken.
Chirurg 49 (1978) 189
33. Drake, C.T., E.Goldman, R.L.Nichols, K.Piatruszka,
L.M.Nyhus
Environmental Air and Airborne Infections.
Ann.Surg. 185 (1977) 219
34. Duguid, J.P., A.T.Wallace
Air Infection with Dust Liberated from Clothing.
Lancet 2 (1948) 845
35. Ford, C.R., D.E.Petersen, C.R.Mitchell
An Appraisal of the Role of Surgical Face Masks.
Amer.J.Surg. 113 (1967) 787
36. Foster, W.D., M.S.R.Hutt
Experimental Staphylococcal Infections in Man.
Lancet 2 (1960) 1373
37. Galson, E., K.R.Goddard
Hospital Air Conditioning and Sepsis Control.
A.S.H.R.A.E.J. (N.Y.) 10 (1968) 33
38. Gay, M., R.Gallien
Rein-Raum-Technik in Pharma-Betrieben - Erfahrungen
und kritische Betrachtungen speziell aus mikrobiolo-
gischer Sicht.
Pharm.Industrie 32 (1970) 1099
39. Gierhake, F.W.
Aseptik.
in: Zenker, R., F.Deucher, W.Schink
Chirurgie der Gegenwart Bd. 1 S. 1-18
München 1974

40. von Gregory, H., H.Koch

Untersuchungen zum Luftkeimgehalt in chirurgischen Operationssälen.

Z.ärztl.Fortbild. (Jena) 70 (1976) 237

41. Gundermann, K.O.

Die Keimbelastung in verschiedenen Krankenhausbereichen.

Zbl.Bakt.Hyg. (Orig.B) 159 (1974) 231

42. Gundermann, K.O.

Künstliche Belüftung und Luftkeimgehalt im Krankenhaus.

Zbl.Bakt.Hyg. I Abt.Orig.A 227 (1974) 542

43. Heeg, P., E.Kanz

Untersuchungen zur Luftkeimsituation auf einer Intensivstation.

Prakt.Anästh. 10 (1975) 125

44. Henneberg, G. (Hrg.)

Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen.

Bundesgesundheitsblatt 19 (1976) 1

45. Hilliger, H.G.

Die Eignung des Casella-Schlitz-Sammlers für den Bakteriennachweis in der Stall-Luft.

Ges.Ing. 90 (1969) 51

46. Hoschek, R.

Kurzdauernde Gesundheitsstörungen durch Luftbefeuchter in graphischen Betrieben.

Zbl.Arbeitsmedizin 22 (1972) 35

47. Hunt, T.K.

Surgical Wound Infection: An Overview.

Am.J.Med. 70 (1981) 712

56. Lidwell, O.M., A.G.Towers
Undirectional ("Laminar") Flow Ventilation System
for Patient Isolation.
Lancet 1 (1972) 347
57. Lister, J.
On the Antiseptic Principle in the Practice of Surgery.
Br.Med.J. 2 (1867) 246
58. Lowbury, E.J.L., O.M.Lidwell
Multi-Hospital Trial on the Use of Ultra-Clean
Air Systems.
J.R.Sec.Med. 71 (1978) 800
59. Matz, K., H.H.Schassan
Der Einfluss von UV-Bestrahlung im Luftkanal von
Klimaanlagen auf die Luftkeimzahl im Operationssaal.
Krankenhaus 9 (1968) 349
60. May, K.R.
Physical Aspects of Sampling Airborne Microbes.
Symp.Sec.Gen.Microbiol. 17 (1967) 60
61. Mc Lauchlan, J., J.R.C.Logie, H.G.Smylie, G.Smith
The Role of Clean Air in Wound Infection Acquired
during Operation.
Surg.Gynec.Obstetr. 143 (1976) 6
62. Melzer, E., W.Baumert
Durchsatzmessungen am Gerät FILBA KS 72 - MINI.
Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt für Luft-
und Raumfahrt e.V.
Göttingen 16.10.1974
63. Mitchell, N.J., D.R.Gamble
Clothing Design for Operating-Room Personnel.
Lancet 2 (1974) 1133

48. Hurtienne, H.

Vergleiche zwischen mehreren Verfahren zur Bestimmung des Keimgehaltes der Stallluft unter verschiedenen Bedingungen.

Diss. FU Berlin 1967

49. Janssen, E., G.Janssen

Technisch-hygienische Untersuchungen in Operationssälen mit konventioneller Klimaanlage.

Z.Orthop. 113 (1975) 816

50. Kanz, E.

UV-Luftentkeimung im Operationssaal und in Spezialpflegebereichen.

Krankenhausarzt 9 (1974) 3

51. Kanz, E.

Problematik der Aseptik in Operationsräumen.

Vortrag am 15.6.1972 in München

52. Kanz, E.

Hospitalismus auf Intensivpflegereinheiten - ein schwieriges hygienisches Problem.

Chirurg 40 (1969) 180

53. Kanz, E.

Hospitalismusfibel

Stuttgart 1964

54. Kikuth, W.

Der moderne Hospitalismus aus mikrobiologischer und hygienischer Sicht.

Dtsch.med.Wschr. 85 (1960) 1920

55. Lidwell, O.M.

Airborne Bacteria and Surgical Infection.

Am.J.Med. 70 (1981) 693

64. Mortimer, E.A., E.Wolinsky, A.J.Gonzaga, C.H.Rammelkamp
Role of Airborne Transmission in Staphylococcal Infections.
Br.Med.J. 1 (1966) 1319
65. National Research Council
Postoperative Wound Infections: The Influence of Ultra-
violet Irradiation of the Operating Room and of Various
Other Factors.
Ann.Surg. 160 (1964) Suppl. Nr. 2
66. Naumann, P.
Bakteriologische Gesichtspunkte beim Hospitalismus.
Münch.med.Wschr. 103 (1961) 659
67. Noble, W.C.
Sampling Airborne Microbes.
Symp.Soc.Gen.Microbiol. 17 (1967) 81
68. Noble, W.C., J.D.F.Habbema, R.von Furth, I.Smith,
C.de Raay
Quantitative Studies on the Dispersal of Skin Bacteria
into the Air.
J.Med.Microbiol. 9 (1976) 53
69. Nußbaum, J.N. v.
Eine Mitteilung über den Hospitalbrand.
Arch.klin.Chirurgie 18 (1875) 706
70. Ostertag, H.
Lufthygienische Untersuchungen an der Dräger Keim-
filteranlage für Operationssäle und Spezialpflege-
bereiche mit unzulänglicher Klimaanlage.
Zbl.Bakt.Hyg. I.Abt., Orig. B 159 (1974) 209
71. Pasteur, L.
Expériences relatives aux générations dites spontanées.
Comp.rend.Acad.sc. 50 (1860) 303

72. Peers, J.G.
Cleanup Techniques in the Operating Room.
Arch.Surg. 107 (1973) 596
73. Penikett, E.J.K., R.Knox, J.Liddell
An Outbreak of Post-Operative Sepsis.
Br.Med.J. 1 (1958) 812
74. Petzold, G.
Untersuchungen einiger atmosphärischer Umweltfaktoren
in Operationssälen.
Dtsch.Gesundheitswesen 20 (1965) 585
75. Public Health Monograph No. 60
Sampling Microbiological Aerosols.
U.S. Department of Health, Education and Welfare
Washington D.C. 1964
76. Pulverer, G., K.P.Schaal
Krankenhausinfektion - infektiöser Hospitalismus
Immun.u.Infekt. 2 (1974) 104
77. Rehberger, R.
Ein Beitrag zur Krankenhaushygiene: Bodestaub als
Reservoir bakterieller Luftverunreinigung im Chirurgischen Operationssaal.
Diss. Ludw.-Max.-Uni München 1966
78. Rhoads, J.E.
Postoperative Wound Infections.
Ann.Surg. 160 (1964) 332
79. Richmond, M.H.
Folgerscheinungen der Antibiotikaaanwendung.
Dtsch.med.Wschr. 99 (1974) 470
80. Ritter, M.A., H.Eitzen, M.L.V.French, J.B.Hart
The Operating Room Environment as Affected by People
and the Surgical Face Mask.
Clin.Orthop. 111 (1975) 147

81. Rotter, M., W.Koller
Sammlung von Luftkeimen mit Gelatine-Filtern.
Zbl.Bakt.Hyg., I Abt.Orig.B 157 (1973) 257
82. Russenberger, H.J.
Keimgehalt der Raumluft in Abhängigkeit der Belegung
und des Luftwechsels.
Diss. ETH Zürich Nr. 5230 (1974)
83. Russenberger, H.J.
Vortrag auf der 34. Tagung der Dtsch.Gesellschaft
für Hygiene und Mikrobiologie
Essen 1973
84. Russenberger, H.J., H.U.Wanner
Keimgehalt der Raumluft in Abhängigkeit des Luftwechsels.
Zbl.Bakt.Hyg., Abt.Orig.A 227 (1974) 1
85. Sanderson, M.C., G.Bentley
Assessment of Wound Contamination during Surgery:
A Preliminary Report Comparing Vertical Laminar Flow
and Conventional Theatre Systems.
Br.J.Surg. 63 (1976) 431
86. Sattel, W., H.J.Peiper (Hrg.)
Reinraumtechnik - Anwendung in der Medizin.
Berlin, Heidelberg, New York 1977
87. Schlicht, H.H., W.Steiner
Klimatechnik und Asepsis in Operationssaal und
Intensivpflege.
Gesund.Ing. 94 (1973) 106
88. Schiff, W.
Zur Problematik quantitativer Luftkeimbestimmungen.
Zbl.Bakt. I Abt.Ref. 215 (1969) 498
89. Shaffer, J.G.
Airborne Infections in Hospitals.
Amer.J.Publ.Hlth 54 (1964) 1674

90. Shaw, D., C.M.Doig, D.Douglas
Is Airborne Infection in Operating-Theatres an
Important Cause of Wound Infection in General Surgery?
Lancet 1 (1973) 17
91. Shooter, R.A., G.W.Taylor, G.Ellis, J.P.Ross
Postoperative Wound Infection
Surg.Gynec.Obstetr. 103 (1956) 257
92. Sprößig, M., G.Petzoldt
Eine Studie zur Staub- und Luftkeimverteilung in
Operationssälen.
Z.ges.Hyg. 10 (1964) 162
93. Steuer, W.
Vorbemerkungen zum Beitrag von H.E. Müller: "Zur
Notwendigkeit von Klimaanlage in Krankenanstalten"
Öff.Gesundh.Wesen 38 (1976) 274
94. Strack, M.
Grundlegende und vergleichende quantitative Luftkeim-
gehaltsbestimmungen mittels bekannter Luftkeimsammler
und eines neuentwickelten sog. Agartrommel-Ventilators.
Diss.Marburg 1968
95. Turner, R.S.
Laminar Air Flow. Its Original Surgical Application
and Long Term Results.
J.Bone Joint Surg. (Am.) 56 (1974) 430
96. Wagenknecht, L.V., P.O.Madsen
Experimentelle Prüfung der Effektivität chirurgischer
Gesichtsmasken.
Chirurg 45 (1974) 184
97. Wanner, H.U.
Untersuchungen über den Keimgehalt in der Luft in
Operationssälen.
Schweiz.med.Wschr. 99 (1969) 641

98. Wanner, H.U.

Der Keimgehalt in der Luft von Operationssälen in Abhängigkeit des Belüftungsverfahrens.

Immun. u. Infekt. 2 (1974) 118

99. Wanner, H.U.

Untersuchungen über die Wirkung von UV-Strahlen auf den Keimgehalt der Raumluft.

Schweiz.med.Wschr. 102 (1972) 670

100. Wanner, H.U., A.Deuber

Methodische Untersuchungen zum Nachweis von Bakterien in der Luft.

Arch.Hyg. 153 (1969) 316

101. Weber, B.G., G.Stuehmer, R.Meierhans

Sterile Operationsboxen.

Z.Orthop. 109 (1971) 803

102. Weidmann, E.

Luftkeimzahlbestimmung in Operationssälen.

Z.Orthop. 113 (1975) 29

103. Wells, W.F.

Apparatus for Study of Bacterial Behavior of Air.

Am.J.Publ.Hlth. 23 (1933) 1

104. Weuffen, W.

Die Stellung der Desinfektion und Antiseptik im antimikrobiellen Regime.

Zbl.Bakt.Hyg., I Abt.Orig.B 157 (1973) 524

105. Whitcomb, J.G.

The Role of Laminar Air Flow in Hospitals. A Case History. Contamination Control 10 (1971) 13

106. Williams, R.E.O., R.Blowers, L.P.Garrood, R.A.Shooter

Hospital Infection, Causes and Prevention.

London 1966 2. Aufl.

L e b e n s l a u f

Am 20. Mai 1954 wurde ich als letztes von 5 Kindern des Arztes für Innere Medizin und Nervenheilkunde Dr. med. Theodor Struppler und seiner Frau, der Ärztin Irma Struppler, geb. von Barga in München geboren. Ich besuchte die Volksschulen an der Gebele- und Herterichstrasse. Meine Gymnasialzeit verbrachte ich am Wilhelms-, Klenze- und ab 1967 am neusprachlichen Thomas Mann-Gymnasium, wo ich 1973 das Abitur ablegte. Ab dem Wintersemester 1973/74 studierte ich an der Ludwig Maximilians-Universität München Humanmedizin. In den Semesterferien famulierte ich, neben den Pflichtfamulaturen, u.a. 1978 an der Johns Hopkins University, Baltimore, U.S.A. in den Fächern Rheumatologie und Nephrologie. Im Praktischen Jahr erhielt ich meine Ausbildung in innerer Medizin an der Medizinischen Klinik Innenstadt (Direktor Prof. Buchborn), in Chirurgie im Krankenhaus des Dritten Ordens (Chefarzt Dr. Permanetter) und in Neurologie an der Neurologischen Klinik der Universität (Direktor Prof. Schrader). Im April 1980 schloss ich das Medizinstudium mit dem letzten Teil der ärztlichen Prüfung ab und erhielt gleichzeitig die Approbation als Arzt. Seit dem 1.6.1980 arbeite ich als Assistenzarzt an der Medizinischen Klinik Innenstadt der Universität (Direktor Prof. Buchborn). Seit September 1981 bin ich mit der Ärztin Ingeborg Struppler, geb. Fritz verheiratet.

